

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. August 2005 (04.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/071128 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C22F 1/18**,
C22C 14/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002801

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Dezember 2004 (22.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 002 956.3 21. Januar 2004 (21.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RENKEL, Manfred**
[DE/DE]; Beim Wendelstein 116, 85238 Petershausen
(DE). **SMARSLY, Wilfried** [DE/DE]; Rablstrasse 16,
81669 München (DE).

(74) Anwälte: **SÖLLNER, Oliver** usw.; DaimlerChrysler AG,
Intellectual Property Management, IPM- C106, 70546
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

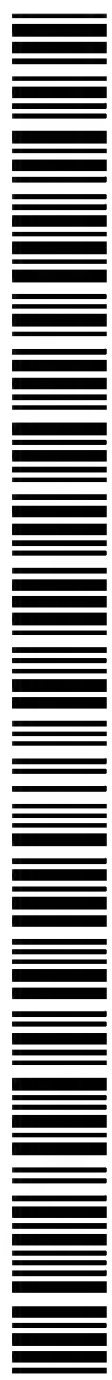
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR THE PRODUCTION OF CAST COMPONENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON GUSSBAUTEILEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for the production of a cast component, in particular a gas turbine component. The inventive method comprises at least the following steps: a) a crucible and at least one semi-finished product is prepared from an intermetallic titanium-aluminium material; b) the or each semi-finished product made of intermetallic titanium-aluminium material is melted in the crucible; c) at least one additional element or an additional compound is added to the melt, whereby the or each element and/or the or each compound is introduced into the melt according to the melting temperature thereof; d) a casting mould is prepared; e) the casting mould is filled with the melt; f) the melt is solidified in the casting mould; g) the casting component is extracted from the casting mould.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Gussbauteils, insbesondere eines Gasturbinenbauteils. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte: a) Bereitstellen eines Schmelzriegels und mindestens eines Halbzeugs aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff; b) Schmelzen des oder jeden Halbzeugs aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff in dem Schmelzriegel; c) Einbringen mindestens eines zusätzlichen Elements oder einer zusätzlichen Verbindung in die Schmelze, wobei das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung abhängig von deren Schmelztemperatur in die Schmelze eingebracht wird; d) Bereitstellen einer Gussform; e) Einfüllen der Schmelze in die Gussform; f) Erstarren der Schmelze in der Gussform; g) Herauslösen des Gussbauteils aus der Gussform.



WO 2005/071128 A2

Verfahren zum Herstellen von Gussbauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Gussbauteils nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung von Bauteilen, insbesondere die Herstellung von Gasturbinenbauteilen, mithilfe eines Gießverfahrens. Beim Gießen werden Formen, sogenannte Gussformen, verwendet, wobei die Gussformen eine Innenkontur aufweisen, die der Außenkontur des herzustellenden Bauteils entspricht. Prinzipiell unterscheidet man bei Gießverfahren solche, die mit verlorenen Gussformen oder Dauergussformen arbeiten. Bei Gießverfahren, die mit verlorenen Gussformen arbeiten, kann mit einer Gussform immer nur ein Bauteil hergestellt werden. Bei Gießverfahren, die mit Dauergussformen arbeiten, können die Gussformen mehrfach verwendet werden. Zu den Gießverfahren, die mit verlorenen Gussformen arbeiten, zählt unter anderem das sogenannte Feingießen. Bei den Gießverfahren, die mit Dauergussformen arbeiten, sei hier exemplarisch auf das Kokillengießen verwiesen.

Zur Herstellung eines Bauteils mithilfe des Gießens wird so vorgegangen, dass ein Werkstoff, aus welchem das herzustellende Bauteil gefertigt werden soll, in einem Schmelztiegel geschmolzen wird, und der geschmolzene Werkstoff in die Gussform eingefüllt wird. Beim Schmelzen des Werkstoffs wird dabei nach dem Stand der Technik so vorgegangen, dass alle an der Bildung des Werkstoffs beteiligten Elemente bzw. Verbindungen gleichzeitig geschmolzen werden. Dabei tritt das Problem auf, dass volatile Elemente, wie zum Beispiel Mangan oder Aluminium, verdampfen können, was einen Verlust dieser Elemente darstellt. Die Einhaltung der gewünschten Zusammensetzung des Werkstoffs für das durch Gießen herzustellende Bauteil ist nach dem Stand der Technik demnach nur unter hohen Materialverlusten zu erreichen.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zum Herstellen eines Gussbauteils zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte: a) Bereitstellen eines Schmelztiegels und mindestens eines Halbzeugs aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff; b) Schmelzen des oder jedes Halbzeugs aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff in dem Schmelztiegel; c) Einbringen mindestens eines zusätzlichen Elements oder einer zusätzlichen Verbindung in die Schmelze, wobei das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung abhängig von deren Schmelztemperatur in die Schmelze eingebracht wird; d) Bereitstellen einer Gussform; e) Einfüllen der Schmelze in die Gussform; f) Erstarren der Schmelze in der Gussform; g) Herauslösen des Gussbauteils aus der Gussform.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Nachfolgend wird das hier vorliegende Verfahren zum Herstellen von Gussbauteilen, insbesondere von Gasturbinengussbauteilen, in größerem Detail beschrieben.

In einem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Schmelztiegel sowie ein Halbzeug aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff bereitgestellt. Bei dem Halbzeug aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff kann es sich zum Beispiel um ein Ti45Al-Halbzeug oder auch um ein Ti55Al-Halbzeug handeln, je nachdem, welcher Titananteil im Werkstoff des herzustellenden Gussbauteils erwünscht ist. Der Schmelztiegel kann ein Graphittiegel oder auch ein Kaltwandtiegel sein.

Das oder jedes Halbzeug wird in einem zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens im Schmelztiegel geschmolzen. Zum Schmelzen des oder jeden Halbzeugs wird der Schmelztiegel induktiv erwärmt.

Nach dem Erwärmen der Schmelze aus dem aufgeschmolzenen Titan-Aluminium-Halbzeug werden zusätzliche Elemente bzw. zusätzliche Verbindungen in die Schmelze eingebracht. Dabei werden zuerst refraktäre Elemente oder Verbindung, anschließend volatile Elemente oder Verbindungen und gegebenenfalls anschließend Feinstoffe in die Schmelze einge-

bracht. Bei den refraktären, zusätzlichen Elementen oder Verbindungen kann es sich um Wolfram, Tantal oder Niob handeln. Weiterhin kann als refraktäres Zusatzelement Titan beigemischt werden, was insbesondere dann erfolgt, wenn der Titananteil des Werkstoffs noch erhöht werden soll. Nachdem die refraktären Elemente in die Schmelze eingebracht wurden, können volatile Elemente, wie zum Beispiel Mangan, in die Schmelze eingebracht werden. Abschließend können noch Feinstoffe, wie zum Beispiel Titanborid oder Titandiborid, in die Schmelze eingebracht werden. Die zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen werden demzufolge abhängig von deren Schmelztemperaturen in die Schmelze eingebracht, wobei zuerst solche Elemente bzw. Verbindungen eingebracht werden, die einen hohen Schmelzpunkt haben. Die Elemente bzw. Verbindungen mit einem niedrigen Schmelzpunkt werden zum Schluss in die Schmelze eingebracht. Die obigen Elemente können als Reinmetalle oder Legierungen in die Schmelze eingebracht werden.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung werden die Elemente bzw. Verbindungen in definierten Dosierungen bzw. Mengen in die Schmelze eingebracht. Dabei wird im Sinne der Erfindung so vorgegangen, dass die jeweilige Dosierung bzw. Menge des einzubringenden Elements bzw. der einzubringen Verbindung derart bemessen ist, dass ausgehend von einer vor dem Einbringen herrschenden Temperatur der Schmelze (zum Beispiel 1600°C) die Temperatur der Schmelze nach dem Einbringen des Elements bzw. der Verbindung stets größer als 1550°C ist und weiterhin die vor dem Einbringen herrschende Temperatur nach maximal 15 Minuten wieder erreicht wird. Hierdurch wird gewährleistet, dass während des Einbringens der zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen in die Schmelze dieselbe nur geringen Temperaturschwankungen unterliegt.

Weiterhin sind im Sinne der hier vorliegenden Erfindung die jeweilige Dosierung bzw. Menge der einzubringenden Elemente bzw. Verbindungen derart bemessen, dass bei einer Elementdichte bzw. Verbindungsdichte von größer als 6°g/cm³ die einzubringende Dosierung bzw. Menge ein maximales Gewicht von 250 g aufweist. Liegt hingegen die Elementdichte bzw. Verbindungsdichte unterhalb von 6°g/cm³, so beträgt das Gewicht der einzubringenden Dosierung bzw. Menge des Elements bzw. der Verbindung maximal 50 g. Auch hierdurch wird erreicht, dass die Schmelze während dem Einbringen der zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen nur geringen Schwankungen ausgesetzt ist.

- Wie bereits erwähnt, wird das Halbzeug aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff, in welchen die zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen eingebracht werden, im Schmelztiegel auf induktivem Wege erwärmt bzw. erhitzt. Das Einbringen der zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen erfolgt in-situ während des Schmelzvorgangs, also während der induktiven Erwärmung. Das induktive Erwärmungssystem erzeugt innerhalb der Schmelze ein chaotisches Strömungsfeld, sodass ein partielles Legieren und Homogenisieren mit den volatilen und/oder refraktären Elementen oder Verbindungen realisiert werden kann.
- 10 Das induktive System induziert in der Schmelze Wirbelströme und sorgt für eine Strömung innerhalb der Schmelze. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung in einer definierten, strömungsoptimierten Geometrie in die Schmelze eingebracht. Unter strömungsoptimierter Geometrie ist hierbei zu verstehen, dass die strömungsoptimierte Geometrie einen guten Transport des oder jeden Elements bzw. der oder jeder Verbindung innerhalb der Schmelze ermöglicht. Hierzu werden die zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen als flächige Elemente bzw. scheibenförmige Elemente in die Schmelze eingebracht. Hierdurch wird gewährleistet, dass sich die in die Schmelze einzubringenden, zusätzlichen Elemente bzw. Verbindungen innerhalb der Schmelze fein verteilen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine kostengünstige Herstellung von Gussbauteilen für Gasturbinen. Es kann eine hohe chemische Homogenität der Gussbauteile auf Basis intermetallischer Phasen realisiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Gussbauteils, insbesondere eines Gasturbinenbauteils,
gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - a) Bereitstellen eines Schmelztiegels und mindestens eines Halbzeugs aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff;
 - b) Schmelzen des oder jeden Halbzeugs aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff in dem Schmelztiegel;
 - c) Einbringen mindestens eines zusätzlichen Elements oder einer zusätzlichen Verbindung in die Schmelze, wobei das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung abhängig von deren Schmelztemperatur in die Schmelze eingebracht wird;
 - d) Bereitstellen einer Gussform;
 - e) Einfüllen der Schmelze in die Gussform;
 - f) Erstarren der Schmelze in der Gussform;
 - g) Herauslösen des Gussbauteils aus der Gussform.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere zusätzliche Elemente oder zusätzliche Verbindungen abhängig von deren Schmelztemperatur zeitlich hintereinander in die Schmelze eingebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass zuerst refraktäre zusätzliche Elemente oder Verbindungen, anschließend volatile zusätzliche Elemente oder Verbindungen und gegebenenfalls anschließend Feinstoffe in die Schmelze eingebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

dass als refraktäre zusätzliche Elemente Wolfram, Tantal, Niob und gegebenenfalls Titan oder Legierungen dieser Elemente in die Schmelze eingebracht werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass als volatiles zusätzliches Element Mangan oder eine Legierung dieses Elements in die Schmelze eingebracht wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Feinstoff Titanborid in die Schmelze eingebracht wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung in definierten Dosierungen bzw. Mengen in die Schmelze eingebracht wird, wobei die jeweilige Dosierung bzw. Menge derart bemessen ist, dass ausgehend von einer vor dem Einbringen herrschenden Temperatur der Schmelze die Temperatur nach dem Einbringen stets größer als 1550°C ist und die vor dem Einbringen herrschende Temperatur nach maximal 15 Minuten wieder erreicht wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das oder jedes zusätzliche Element bzw. die oder jede zusätzliche Verbindung in definierten Dosierungen bzw. Mengen in die Schmelze eingebracht wird, wobei die jeweilige Dosierung bzw. Menge bei einer Element- bzw. Verbindungsichte von größer als 6 g/cm³ ein maximales Gewicht von 250 g aufweist.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das oder jedes zusätzliche Element bzw. die oder jede zusätzliche Verbindung in definierten Dosierungen bzw. Mengen in die Schmelze eingebracht wird, wobei die

jeweilige Dosierung bzw. Menge bei einer Element- bzw. Verbindungsdichte von kleiner als 6 g/cm^3 ein maximales Gewicht von 50 g aufweist.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das oder jedes zusätzliche Element bzw. die oder jede zusätzliche Verbindung in einer definierten, strömungsoptimierten Geometrie in die Schmelze eingebracht wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsoptimierte Geometrie einen guten Transport des oder jeden Elements bzw. der oder jeder Verbindung in der Schmelze ermöglicht.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das oder jedes Element bzw. die oder jede Verbindung während des Schmelzvorgangs durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass während des Schmelzvorgangs eine induktive Erwärmung bzw. Erhitzung des Schmelztiegels und damit des oder jeden im Schmelztiegel zu schmelzenden Halbzeugs, Elements sowie der oder jeder Verbindung erfolgt.